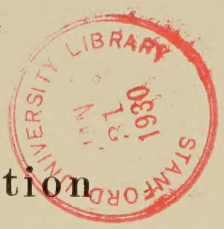
ber Knochenumbau im Fußskelet bei statischen Veränderungen in der unteren Extremität.



Inaugural-Dissertation

verfaßt

und der Hohen Medizinischen Fakultät

der

Bayer. Julius-Maximilians-Universität zu Würzburg

zur

Erlangung der Medizinischen Doktorwürde

vorgelegt von

Bernhard Blencke
aus Magdeburg

J. F. Bergmann
München

und

Julius Springer
Berlin

1928

Referent: Geh. Med.-Rat Professor Dr. **König.**

Meinen lieben Eltern!

„Änderungen des Baus und der Form eines Knochens sind Ausdruck der funktionellen Anpassung an die abnorme statische Beanspruchung eines verkrümmten Gliedes. — Die Deformität ist keine krankhafte Bildung, nur die veränderte Inanspruchnahme und Funktion ist krankhafter Art. — Die hieraus entstandene Gestalt ist ebenfalls nicht krankhaft, sie ist, wie auch die innere Architektur, die einzig mögliche, die mit dem geringsten Materialaufwand die größtmögliche Kraftleistung entfaltet."

Das sind die wesentlichen Grundsätze der Lehre Julius Wolffs von der funktionellen Knochengestalt und der Transformation der Knochen. Er weist ferner darauf hin, daß die äußere Form mit der inneren Struktur weitgehend übereinstimmt, daß man aus dem Verlauf der Knochenbälkchen im Inneren die äußere Form konstruieren könne und umgekehrt, genau nach mathematischen Regeln der Druck- und Zugbeanspruchung, und schließlich, daß beide äußere und innere Form, Ausdruck der Funktion seien.

Durch die Funktion wird nach Roux, der ebenfalls eine funktionelle Gestalt und Struktur der Knochen annimmt, ein „funktioneller Reiz" ausgeübt, der für die Zelle einen trophischen Reiz zur vermehrten Nahrungsaufnahme und erhöhtem Wachstum abgibt.

Diese „funktionellen Reize" bestehen in Zug, Druck und Scherung, sei es, daß sie von außen einwirken, oder im Inneren des Knochens bei Biegungsbeanspruchung entstehen.

Sie beeinflussen die Gestalt und Struktur des Knochens recht wesentlich, wenn auch der Hauptanteil der Form und inneren Architektur als ererbt anzusehen ist. Die Grenzen, wo die funktionelle Beeinflussung anfängt und die ererbte Anlage aufhört, lassen sich zur Zeit noch nicht feststellen.

Daß es durch diese „funktionellen Reize" überhaupt zu einer Transformation des wachsenden wie auch sogar des fertigen Knochens kommen kann, läßt sich nur daraus verstehen, daß der Knochen, wie die Untersuchungen von

'ommer ergeben, in der Tat sehr wandlungsfähig ist und während des ganzen ebens ein dauernder An- und Abbau der Knochensubstanz stattfindet.

Wolff hielt diese Transformation für eine Kraft von unermeßlicher Größe, obei Härtegrad und Elastizität des Knochens in keiner Weise in Betracht ämen. Dies dürfte nicht den Tatsachen entsprechen, denn es sind der Umormung doch Grenzen gesetzt, vor allem in der Änderung der äußeren Form, ährend oft die Struktur der Spongiosa eine weitgehendere funktionelle npassung zeigt.

Wolff war fernerhin der Ansicht, daß die Anordnung des Knochenaterials in der Form und Richtung der Spongiosazüge sich streng nach den athematischen Gesetzen der Zug- und Druckbeanspruchung richte, wie es on Culmann für den Femurhals zuerst behauptet und mathematisch beechnet hat. Die in Richtung des trophischen Reizes der Funktion, also des ruckes und Zuges, geratenen Knochenbälkchen hypertrophieren, sie stehen ur Knochenoberfläche stets senkrecht und kreuzen einander in einem Winkel on 90°.

An Stellen vermehrten Druckes soll es zu einer Verstärkung und Verichtung der Knochenbälkchen kommen, während an Stellen mit Zugbeanpruchung Schwund des Knochengewebes eintreten soll.

Wolff setzte sich mit dieser Theorie in Gegensatz zu der bis dahin allgemein nerkannten Hüter-Volkmannschen Drucktheorie, die annahmen, daß verehrter Druck zum Schwund des Knochens führe, während Zug vermehrte nbildung hervorrufe.

Auf Grund der zahlreichen durch Wolffs Auffassung hervorgerufenen ntersuchungen, die die mannigfaltigsten Ergebnisse hatten, läßt sich wohl eute feststellen, daß ein Gegensatz der beiden Anschauungen, die damals von der Seite aufs heftigste verteidigt wurden, eigentlich gar nicht besteht.

Die Hüter-Volkmannsche Lehre betrifft in der Hauptsache das Längenachstum des wachsenden Knochens und ist durch neuere Untersuchungen nd Tierversuche (W. Müller) bestätigt worden.

Diese Versuche zeigten, daß bei erhöhter, statischer Inanspruchnahme nd somit bei vermehrtem Druck, eine Verbreiterung der Epiphysenlinie, und war an der Seite des stärksten Druckes erfolgte, diese aber auf eine Hemmung r enchondralen Ossification zurückzuführen sei und somit mangelhafte Verhöcherung eintrete. Ja, es ließ sich sogar an den gleichen Stellen eine Knochensorption feststellen.

Das Verkennen dieser Tatsachen durch Wolff war darin begründet, daß jegliches appositionelles Knochenwachstum überhaupt ablehnte und nur ein terstitielles annahm, wobei „jedes einzelne Partikelchen sich in genau protionierter Weise vergrößert".

Wolffs Anschauung der Hypertrophie an Stellen vermehrten Druckes t nur für das funktionell ausgelöste Knochenwachstum des fertigen Knochens.

Von neueren Forschungen konnten sich die von Maass keinerlei Ankennung verschaffen. Er nahm an, daß es durch Druck, sowie überhaupt rch veränderte statische Inanspruchnahme nur zu einer Ablenkung der achstumsrichtung käme, daß die Knochenbildung aber durchaus in physiogischer Menge stattfände und nur ein kollaterales Wachstum in druckfreier

Richtung erfolge. Die verdichtete Spongiosastruktur erklärt er durch ein Zusammendrücken des Knochens und seiner Bälkchen, ähnlich wie bei einem Schwamm, der zusammengedrückt wird.

Im Gegensatz hierzu dürfte den Untersuchungen von Jores zur Zeit größere Anerkennung zuteil geworden sein. Er kam auf Grund von Tierversuchen zu der Ansicht, daß Druck in der Tat einen physiologischen Reiz für den Knochen abgebe, der aber für die Dauer seines Bestehens das Wachstum hemme, unter Umständen sogar die Resorption fördere, bei seinem Fortfall das Wachstum aber beschleunige. Druckatrophie tritt dann ein, wenn ein konstanter, starker Druck vorhanden ist, oder die Perioden des Druckes die druckfreien überwiegen.

Des weiteren ergeben die neueren Untersuchungen, daß die Dauer des Druckes und der statischen Beanspruchung einen wesentlichen Einfluß auf die Knochenbildung hat.

Wahrscheinlich ist auch eine gewisse Reizschwelle vorhanden (W. Müller). Wenn diese durch die erwähnten Druckreize, die nach ihrem Aufhören eine Anbildung hervorrufen, überschritten wird, so kommt es zu einem Schwund der Knochensubstanz, während eine Neubildung ausbleibt.

Die Wege, die zu einer Änderung des Knochenan- und -abbaus führen können, sind sehr mannigfaltig. Einmal hat schon Wolff zwei Gruppen unterschieden, nämlich Änderung auf Grund einer anderen Form oder einer anderen Inanspruchnahme, zum anderen haben statische und dynamische Komponenten, sowie die anliegenden Weichteile einen Einfluß auf die Knochen und das biologische Geschehen im Knochen.

Was die anliegenden Weichteile anlangt, so wird ihnen nur eine geringe Wirkung zugewiesen. Sie rufen wohl nur leichtere Formveränderungen an dem äußeren Relief des Knochens hervor.

Über die Wirkungen des Muskelzuges, also die dynamischen Einflüsse, sind die Ansichten recht geteilt; einige halten ihn für allein formgestaltend und sprechen den statischen Einflüssen alle Wirkung ab, andere nehmen gerade das Gegenteil an. Diese schreiben nur den Muskelzug an den Insertionsstellen eine Wirkung zu. Hier handelt es sich ja aber nicht um Beeinflussung von lamellär gebauten Knochen durch Muskeln, sondern von Faserknochen oder geflechtartigen Knochen, der unter dem erhöhten Zug Knochen neu bildet.

Ich möchte mich mehr der letzteren Ansicht anschließen und der Muskelwirkung nur eine geringe Bedeutung zuschreiben, zumal die Feststellung von Zschokke, der dem Muskelzug die alleinige Wirkung auf die Form des Knochens zuspricht, nämlich daß die Struktur des Calcaneus bei Sohlengängern dieselbe wie bei Zehengängern sei, obwohl die statische Beanspruchung verschieden sei, während die Muskelwirkung bei beiden im Gehen dieselbe sei, also diese wohl die Form bestimme, nach den im nachfolgenden erhobenen Befunden nicht richtig zu sein scheint.

Daß der Statik sicherlich ein Einfluß auf die Transformation zukommt, beweisen schon die Deformitäten infolge einer bestehenden Rachitis. — Daß die Statik nur geringe Veränderungen an einem völlig gesunden und fertigen Knochen fertig zu bringen vermag, dürfte anzunehmen sein, da der Knochen ja weitgehend der statischen Beanspruchung gewachsen ist, ja sogar abnormer Beanspruchung, also über eine gewisse Reserve verfügt.

Ebenso kann man sich aber wohl auch der Tatsache nicht verschließen, ß, ebenso wie bei der Rachitis, das Material zu schwach ist, um der an und für h normalen Beanspruchung Widerstand zu leisten, umgekehrt bei zu starker atischer Inanspruchnahme der normale, gesunde Knochen nachgibt und sich nformt. — Es handelt sich also stets bei diesen Transformationsprozessen n ein Mißverhältnis der Leistung und Beanspruchung.

Auf die anderen Faktoren, die den Knochenumbau beeinflussen, wie mentäre, innersekretorische und entzündliche Einflüsse, sowie die Bedeung der Gefäß- und Nervenversorgung hierfür, sei nicht eingegangen.

Zusammenfassend möge festgestellt sein, daß die Plastizität des Knochens ne große ist, daß ein dauernder An- und Abbau stattfindet.

Die Grundlage für dieses biologische Geschehen am Knochengewebe ist e Reaktion auf mechanische Beanspruchung (W. Müller).

Der Knochenanbau, Verdickung der Bälkchen erfolgt in Richtung des ges und Druckes, senkrecht zur Knochenoberfläche, unter Kreuzung der älkchen im Winkel von 90°.

Ob die sog. „Spannungstrajektorien", nämlich die Bälkchen, die in der chtung der Zug- oder Druckbeanspruchung liegen, wie Wolff annahm, nau nach mathematischen Gesetzen verlaufen, steht noch nicht einwandi fest.

Druck (von außen), als auch sog. Druckspannung hemmt die Knochenubildung und fördert die Resorption.

Druckfortfall fördert die Neubildung.

Dauernder, starker Druck gibt Druckatrophie.

Intermittierender Druck mit Überwiegen der druckfreien Zeitabschnitte dert die Neubildung.

Zug erzeugt Schwund des lamellär gebauten Knochens, Neubildung des serknochens an den Muskelinsertionsstellen, hier auch sehr geringe Verrkung der nächstliegenden Knochenbälkchen.

Kontinuierliche Biegungskräfte erzeugen spindelige Verdickung mit höhtem An- und Abbau.

Die Wachstumslinien sind besonders empfindlich für „funktionelle Reize". llkommener Wegfall von Druck und somit jeglichen „funktionellen Reizes" rt am fertigen Knochen zu Atrophie, am wachsenden zu Hypertrophie.

Die Struktur des Knochens wird stärker beeinflußt als die Form. Diese weitgehend vererbt und von vornherein schon solchen starken Kräften anpaßt, die in der Norm nur selten angreifen; daher leistet die Form den Transmationen einen ziemlich erheblichen Widerstand.

Diese Feststellungen lassen sich zwanglos durch die im nachfolgenden schriebenen Fälle von veränderter statischer Beanspruchung beweisen, oder lleicht besser gesagt, die nachweisbaren Veränderungen der Knochen lassen h aus diesen Gesetzen heraus erklären, und bestätigen sie somit.

Ebenso läßt sich an einigen Fällen klar erkennen, daß die durch funknelle Anpassung entstandene Deformität rein mechanisch aufgefaßt und, nur die eigene Funktion des deformierten Gliedes angewandt, eine durchaus eckentsprechende Umwandlung ist.

Die Entwicklung und Bestätigung der angeführten Gesetze über di Transformationsprozesse im Knochen ist meistens durch Tierversuche geführ worden, indem entweder eine Extremität vollkommen ruhiggestellt wurd Nerven oder Muskeln durchschnitten oder ganze Extremitäten entfernt wurde

Hier sollen diese Feststellungen bestätigt werden an einigen Fällen, i denen durch irgendeinen Krankheitsprozeß oder Trauma an der unteren Ex tremität eine veränderte Statik des Beines, besonders des Fußes hervorgerufe wurde, ohne daß dieser Prozeß auch das Fußskelet ergriff, oder sonst irgendwi die einzelnen Knochen in direkte Mitleidenschaft zog, ebenso waren ander ätiologische Momente für die Formveränderung wie Rachitis usw. nicht nach weisbar. Daß das Material, das diesen Bedingungen gerecht wurde, nur seh

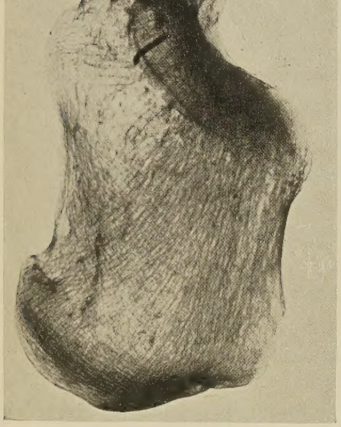


Abb. 1. Mittelstellung.

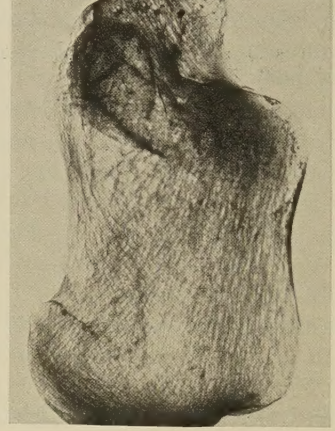


Abb. 2. Pronation.

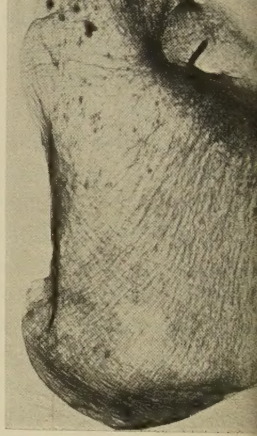


Abb. 3. Supinatio

klein war, ist verständlich, so daß zur weiteren Bestätigung noch einige Fuß deformitäten, wie Pes planus, Pes excavatus usw. herangezogen wurden, dere Träger aber auch im wesentlichen wegen eines anderen Leidens die Klini aufgesucht hatten.

Bei den zu beschreibenden Fällen dürfte es sich also in der Hauptsach um Deformitäten handeln, die allein durch veränderte statische Beanspruchun hervorgerufen wurden.

Sämtliche Röntgenaufnahmen wurden in gleicher Stellung und gleiche Bedingungen aufgenommen.

Da es sich stets um fixierte, teilweise sogar knöcherne Deformitäte handelte, war eine vergleichende Aufnahme im belasteten und unbelastete Zustande überflüssig.

In der Hauptsache seien die Strukturveränderungen im Calcaneus be schrieben, die sich ja am klarsten und deutlichsten im Röntgenbild nachweise und erklären lassen, während das andere Fußskelet und seine Struktur infolg der vielfachen Überschneidungen nur ungenau zu analysieren ist.

Wie schon J. Wolff (1900) bei Demonstrationen von Röntgenbildern achwies, läßt sich in der Aufnahme die Struktur gut, wenn nicht besser als im chnitt erkennen, da ja nur die stärkeren, also auch bedeutenderen Züge proji-ert werden und die das Bild verwischenden schwächeren verschwinden. Selbst e Corticalis löst sich im Röntgenbild in ihre Faserzüge auf, obwohl sie makro-opisch kompakt erscheint. — Sie ist ja auch, wie Wolff an anderer Stelle richtet, die direkte Fort-tzung und Stütze der ent-rechenden Bälkchen der ongiosa.

Die in manchen Fällen folgte Stellungsänderung der nochen, insbesondere des lcaneus, im Sinne der Pro-er Supination ließ den Ver-cht aufkommen, daß sich seitlichen Bild allein schon rch diese veränderte Lage verschiedenes Strukturbild geben würde (Abb. 1—3).

Aufnahmen eines skele-rten Calcaneus in extremer pination und Pronation, e auch zum Vergleich in ttelstellung bestätigten die-n Verdacht nicht. Es zeigten h nur am Rand, je nach n Überschneidungen der nten stärkere Konturen, vie Verdichtungen, beson-rs entsprechend der ver-iedenen Lage des Sustenta-um tali. Richtungsverlauf d Anordnung der Knochen-kchenzüge blieb die gleiche.

Abb. 4.

Diese Verdichtungen ienen unwesentlich, da sie s der jeweiligen Stellungs-lerung sofort zu erklären sind und also unberücksichtigt blieben bei den l. Veränderungen, und überhaupt sollen ja nur die wirklich deutlichen ukturveränderungen hervorgehoben werden.

Als erster sei ein Fall beschrieben, der die Veranlassung abgab zu der vor-enden Arbeit und der eine recht eigenartige Anpassung und Umbau der ochen an die veränderte Statik zeigt (Abb. 4).

Pat. St., 34 Jahre. Anamnese: Mit 17 Jahren an einer Osteomyelitis des rechten es erkrankt.

Mit 24 Jahren Metastasen am linken Knie. Nach mehrmaligen Operationen Ver-fung des linken Knies. Wegen Aufflackern des alten Prozesses Aufnahme.

Befund: Rechts: mehrere Narben am Knie, Bewegung frei. Links: Knie in leichter Beuge- und Varusstellung völlig versteift. Im oberen Sprunggelenk leichte Bewegungsbehinderung. Es besteht ein Wiegenfuß bei erhaltener innerer Wölbung. Atrophie der Oberschenkelmuskulatur, Hypertrophie der Unterschenkelmuskulatur.

Stellungsänderung:

Was nun zunächst die Stellungsänderung der einzelnen Fußknochen, hervorgerufen durch die veränderte Funktion, anbetrifft, so ergibt das Röntgenbild und der Befund am:

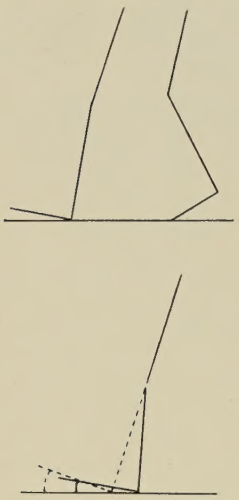


Abb. 5.

Talus — Plantarflexion,
Calcaneus — Plantarflexion und Pronation,
Naviculare — leichte Plantarverschiebung,
Cuboid — Plantarverschiebung und Pronation,
Phalangen — Krallenstellung.

Zweifellos hat die erste Änderung der Stellung im Fußskelet durch die Funktion im vorliegenden Falle am Calcaneus begonnen, wie dies ja auch für zahlreiche andere Fußdeformitäten, z. B. Pes valgus, angenommen wird.

Es lassen sich für die Plantarflexion des Calcaneus mehrere Gründe anführen:

I. Beim Gang des Gesunden wird der Fuß mit leicht gebeugtem Knie aufgesetzt, und zwar so, daß Unterschenkel gegen Fuß nur wenig mehr als einen nach vorn offenen rechten Winkel bilden. In dieser Stellung wird der Fuß durch das Muskelgleichgewicht gehalten und auch beim Aufnehmen des Fußes, wobei wieder das Knie gebeugt wird, hierin fast unverändert gehalten. Der Fuß wird dann mit der lateralen, hinteren Kante des Calcaneus aufgesetzt und nach dem I. Metatarsusköpfchen zu in einer von außen hinten nach innen vorn verlaufenden Achse abgerollt (Abb. 5).

Bei versteiftem Knie wird aber der Fuß, da die Stellung von Fuß gegen Unterschenkel die gleiche bleibt, wie oben erwähnt ungefähr ein rechter Winkel, in einem gegen den Boden größeren Winkel aufgesetzt werden.

Als Folge hiervon wird der Calcaneus mit einem Punkt aufgesetzt, der weiter nach hinten liegt als normal. Der Gegendruck des Bodens wird bei Belastung also an einem längeren Hebelarm (Drehpunkt: unteres Sprunggelenk; Hebelarm: hinterer Teil des Corpus calcanei) angreifen, und so eine Plantarflexion befördern.

II. Infolge der Versteifung des Kniegelenks ist die Abwicklung des Fußes aufs schwerste gehemmt, da normal durch die Beugung des Knies ein wesentlicher Teil hiervon übernommen wird. Bei der vorliegenden Versteifung muß die Abwicklung allein im Fuß bewerkstelligt werden. Dies ist nur möglich durch einen vermehrten Zug der Wadenmuskulatur. Hierdurch tritt als Folge ebenfalls eine Plantarflexion des Calcaneus ein.

III. Durch diesen vermehrten Zug der Wadenmuskulatur tritt allmählich in immer zunehmendem Maße eine Überdehnung der kurzen Fußmuskeln

lexoren, M. quadratus plantae usw.) auf, zu deren Vermeidung man ja auch i der Therapie des Plattfußes eine Ausschaltung der Achillessehne durch notomie empfohlen hat, da durch diese Operation die dauernde Dehnung r Muskeln, die zum großen Teil die Spannung des Längsgewölbes erhalten, seitigt wird. In unserem Fall also Beförderung der Plantarflexion des Calneus durch verstärkten Zug der Achillessehne (Beweis: Hypertrophie der adenmuskulatur).

Die Pronation des Calcaneus, die ja auch beim Plattfuß auftritt, läßt sich mal erklären aus der Belastung des äußeren Fußrandes, zum anderen aus ier Kompensationsstellung, wie sie stets beim Genu varum, das ja ebenfalls i vorliegenden Falle besteht, eintritt.

Die Stellung der anderen Fußknochen ist im wesentlichen lediglich eine olge der Stellungsänderung des Calcaneus, wie es auch der von Ewald und deren vertretenen Ansicht bei der Entstehung des Plattfußes ungefähr entricht.

Am Talus ist nur eine Plantarflexion eingetreten, lediglich als eine Folge r gleichen Bewegung des Calcaneus. Eine Pronation ist nicht zu erkennen, der Talus fest in der Malleolengabel steht und diese ihn eher infolge der russtellung des Beines, die nicht wie beim Genu varum allmählich und meist it leichter Innenrotation des Unterschenkels (Hohmann) entsteht, sondern rch Operation ziemlich plötzlich erfolgte, in eine stärkere Supinationsstellung stellt hat.

Das Naviculare erscheint gegenüber der Norm gegen den Talus etwas ntarwärts geschoben, wohl der Plantarflexion des Talus folgend.

Das Cuboid ist durch die Plantarflexion des Calcaneus ebenfalls stark senkt worden und gleichfalls proniert, als Folge der Calcaneus-Pronation.

Hierdurch ist das normalerweise höher dorsal stehende Os metatarsale IV, ntar gesenkt und mit zur Belastung herangezogen worden, während Os tatarsale V ebenfalls durch die Pronation etwas dorsal gehoben ist, die wesentlhe Belastung also das Os metatarsale IV erhält.

Die Krallenstellung, die die Zehen eingenommen haben, findet sich häufig ch beim Plattfuß. Es kommt hier zur Überdehnung der Flexoren und somit m Übergewicht der Extensoren, die das Grundglied extrem beugen, ein anager Vorgang der Krallenstellung der Finger bei Ulnarislähmung. Eine Bederung der Hebung der Zehen dorsalwärts tritt noch ein durch die Abwicklg des Fußes, die ja durch die Versteifung des Knies und der Überdehnung r Fußmuskeln erheblich erschwert ist. Je höher der vordere Teil des Fußes ht, je leichter kann die Abwicklung und das Abheben des Fußes von der nterlage erfolgen.

Stellung und Lage der Cuneiformia I, II, III ist unbeeinflußt.

Es ist hier also im wesentlichen zu einer Abflachung, ja Durchbiegung ch unten, und zwar des äußeren Fußbogens gekommen, hervorgerufen durch Plantarflexion des Calcaneus, der hierbei die lateralen Fußknochen mitnommen hat. Der innere Fußbogen ist nur wenig beeinflußt. Was auch bei igen, nach Baisch reinen Pedes plani ohne jede Valguskomponente der ll ist: also nicht unbedingt der Bestand des inneren Fußbogens vom Bestand s äußeren, wie Lorenz annimmt, abhängig ist.

Gestalt der Knochen.

An der Gestalt der einzelnen Knochen selbst lassen sich nur verhältnis mäßig geringe Veränderungen erkennen. Nimmt man doch auch an (Roux) daß die Form der Knochen als solche im wesentlichen eine vererbte Anlage is und daß sich fast die gleiche normale Form der Knochen ausbildet, wenn vielleich infolge einer kompletten Lähmung weder ein Muskelzug sich an dem Knoche ausgewirkt noch irgendeine Belastung stattgefunden hat. Nur das feiner Relief der Knochen wird durch die Funktion und die Belastung ausgebildet

Dieses findet sich auch im vorliegenden Fall bestätigt. Es zeigt sich in Röntgenbild eine deutliche Abflachung des hinteren Teiles des Corpus tali un eine ebensolche Veränderung am vorderen Teil des Calcaneus. Der Fuß wir durch die Knieankylose mehr mit der Ferse und weiter hinten als normal auf gesetzt, also der hintere Teil des Talus stärker belastet, ebenso wird durch di Plantarflexion des Calcaneus, dessen vorderer Teil abnorm stark belastet An beiden Knochen pflanzt sich der Druck in einer anderen Richtung fort als die ursprünglichen Züge der Spongiosa laufen. Der Knochen wird auf Grun seiner normalen Struktur der anormalen Belastung also nur einen geringere Widerstand leisten können. Da durch die Belastung ein ziemlich kräftige Druck ausgeübt wird, der auch einige Zeit, solange das betreffende Bein Stand bein ist, bestehen bleibt, wird es zu einer Druckatrophie kommen. — Ein z starker langandauernder Druck führt zu Atrophie.

Besonders fällt weiter auf eine besonders kräftige Entwicklung des Pro cessus tali posterior, wo es zu einer ziemlich erheblichen Knochenanlagerun gekommen ist. Wohl sicher eine Folge der bei jedem Schritt zur besseren Ab wicklung des Fußes erfolgenden maximalen Kontraktion der Wadenmuskulatu und hiermit einhergehenden Plantarflexion des Calcaneus. Es stellt sich hie eine Apposition von Knochen infolge der zahlreichen Reize ein, die das An schlagen des Calcaneus an dem Proc. tali post. hervorgerufen hat.

Die gleiche Ätiologie haben die, wenn auch geringen, Osteophytenauf lagerungen, die das Naviculare und der Talus am Gelenkspalt des Talo-navicular Gelenk aufweisen, auch beim Plattfuß stellen sich solche Erscheinungen ein Sie sind hier zurückzuführen auf eine stärkere Beanspruchung des Talo-navicular Gelenks, das durch die schlechte Abwicklungsmöglichkeit des Fußes in ver stärktem Maße hierbei herangezogen wird.

Dieselbe Erscheinung zwischen Naviculare und Cuneiforme I.

Cuboid zeigt, ebenso wie die Köpfchen der Metatarsalia IV und V (IV am stärksten), eine Hypertrophie, ebenfalls durch die Belastung hervorgerufen da ja der Patient in der Hauptsache auf dem lateralen Fußrand läuft.

Struktur der Knochen.

Eine erhebliche Änderung läßt sich in der Struktur erkennen, die ja nach Müller und anderen schon früher und am stärksten sich der neuen Funktion anpaßt.

Infolge der Überlagerung der einzelnen Fußknochen läßt sich die feinere Spongiosazeichnung im Röntgenbild nur schlecht erkennen, am besten woh am Calcaneus, wo die Verhältnisse schon allein dadurch wenig kompliziert sind daß, abgesehen von der Achillessehne und den kurzen Fußmuskeln, kein Muske

itlich seinen Ansatz an ihm nimmt, denn auch der Muskelansatz und Muskelzug dingt eine Veränderung der Struktur, die allerdings recht gering zu bewerten . Am Calcaneus ist also im wesentlichen nur die Belastung von Bedeutung.

Es sind im Calcaneus 3 Systeme der Spongiosa zu erkennen (Rauber-opsch), die wie bei allen kurzen Knochen ohne eigentliche scharfe Grenze in e Compacta übergehen, die ja auch eine Fortsetzung der Spongiosabälkchen ist.

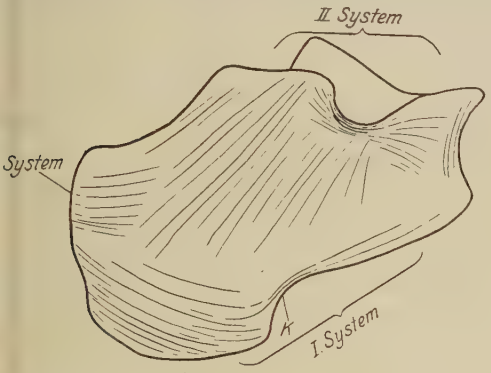


Abb. 6a.

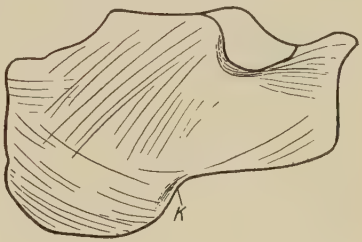


Abb. 6b.

1. System: Widersteht dem Bodendruck und hält einer Dehnung des nochens durch den von oben durch die Belastung erfolgenden Horizontalschub f (Abb. 6).

2. System: Widersteht dem Druck der Körperschwere und verhindert ie Kompression des Knochens. Ein Teil des Spongiosazüge verläuft gegen s Cuboid, ein zweiter gegen den Fersenhöcker.

3. System: Nimmt den Seitenuck der Achillessehne auf, während s 1. System mit seinen hinteren ergierenden Zügen die andere Komnente des Zuges der Achillessehne fnimmt.

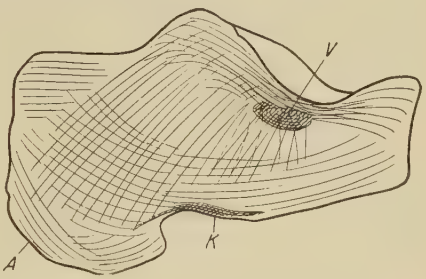


Abb. 7.

In unserem Falle zeigt sich gegener der Norm (Abb. 7):

1. System: Eine Verlagerung des m Normalen dicht vor dem Tuber canei liegenden Knotenpunktes (K) iter nach vorn, infolge der Belastung des Calcaneus in seinem vorderen l durch die Plantarflexion. Im ganzen zeigt sich eine Verstärkung dieses stems durch den an abnormer Stelle wirkenden Druck von oben.

Eine vermehrte Divergenz des hinteren Teiles durch den schon erwähnten rmehrten Zug der Achillessehne. Ein Schwund der Struktur bei A, wie er n beim Plattfuß zeigt, ist hier nicht eingetreten, da der Pat. infolge der Kniexylose in verstärktem Maße mit dem Hacken auftritt.

2. System: Es zeigt sich eine deutliche Verdichtung der Struktur unter Gelenkfläche, wie auch beim Plattfuß. Auch hier ist der Hauptbelastungsnkt durch die Plantarflexion des Calcaneus weiter vorn (V).

3. System: Hier ist es zu einer Vermehrung der Struktur infolge des schon mehrmals erwähnten vermehrten Zuges der Achillessehne gekommen.

Eine weitere Bestätigung der angeführten Gründe findet sich darin, daß beim Plattfuß ähnliche analoge Strukturveränderungen zum Teil in verstärktem Maße auftreten. Die vorliegende Deformität ist wohl als Übergang zu einem Plattfuß anzusehen bei Erhaltung des inneren Fußbogens. Sicherlich ist die Stellungsänderung des Calcaneus bereits dieselbe wie beim Plattfuß, Plantarflexion und Pronation.

An den anderen Knochen läßt sich eine Verdichtung der Spongiosa des Naviculare durch die abnorme Beanspruchung bei der Abwicklung und der dadurch entstandenen vermehrten Druck nachweisen.

Weiterhin eine Vermehrung der Züge an der Belastungsfläche des Cuboid und ebenso im Köpfchen des Metatarsale V und relativ stärker an dem des jetzt stark zur Belastung herangezogenen Metatarsale IV.

Die hier durch die Änderung der statischen Bedingungen entstandene Wiegenform des Fußes dürfte also eine durchaus zweckmäßige sein, da sie dem Pat. die Abwicklung des Fußes beim Gehen sehr wesentlich erleichtert.

Im nächsten Fall handelt es sich ebenfalls um eine Kniegelenkankylose, allerdings hier in erheblicher Beugestellung versteift, so daß eine Verkürzung von $6^3/_4$ cm besteht, ebenso besteht eine erheblichere Varusstellung.

Pat. R., 66 Jahre. Anamnese: Mit 21 Jahren nach Trauma Eiterung des linken Kniegelenks mit Versteifung in Beuge- und Varusstellung; allmählich stärker werdende Spitzfußstellung.

Befund: Knie links in 130° Beugestellung, stärkere Varusstellung, Subluxationsstellung nach außen, Narben beiderseits oberhalb des Gelenks und in der Kniekehle. Gelenk völlig versteift, Konturen des Gelenks verwischt. Pes equino-varus. Fersenhöhe vom Boden $6^3/_4$ cm. Beweglichkeit im linken Fußgelenk eingeschränkt. Atrophie der Ober- und Unterschenkelmuskulatur.

Stellungsänderung der einzelnen Fußknochen:

Talus — Plantarflexion.

Calcaneus — starke Supination und Plantarflexion.

Naviculare — unverändert.

Cuboid — Plantarverschiebung, an die untere Fläche des Calcaneus gepreßt.

Cuneiformia I, II, III — maximale Plantarflexion.

Krallenstellung der Zehen.

Alle diese Veränderungen lassen sich vollkommen als Folge der bestehenden $6^3/_4$ cm Verkürzung erklären. In dem Bestreben, diese auszugleichen, ist es zu der größtmöglichen Plantarflexion gekommen, und in dieser Stellung, wenn auch keine völlige Versteifung, so doch eine erhebliche Bewegungseinschränkung entstanden.

Im oberen Sprunggelenk, in dem physiologisch ja hauptsächlich die Plantar- und Dorsalflexion erfolgt, findet sich starke Plantarflexion des Talus. Zur weiteren Unterstützung der Plantarflexion, soweit in diesem Gelenk möglich, ebenfalls eine solche im unteren Sprunggelenk. — Die physiologischen Bewegungen erfolgen ja in diesem Gelenk um die sog. „Kompromißachse (Fick)

e von hinten — unten — außen nach vorn — oben — innen verläuft und zwar Sinne einer Maulschellenbewegung (Braus), d. h. Pronation — Abduction Dorsalflexion, ebenso wie Supination — Adduction — Plantarflexion sind teinander verkuppelt. — In vorliegendem Falle ist die letztere Bewegung forderlich gewesen zur Plantarflexion, mit ihr verbunden also Supination d Adduction. Dies erklärt einmal die Supinationsstellung des Calcaneus, dererseits die Equino varus-Stellung des ganzen Fußes mit adduziertem Fuß, die ebenfalls auch die Varusstellung des Knies mitverantwortlich zu chen ist.

Weitere Erhöhung der Plantarflexion durch die stark flektierten Metasalia, denen wohl allmählich die mit ihnen durch ein Gelenk verbundenen neiformia I, II, III, wie auch das Cuboid gefolgt sind. Beweisend für norme Flexion dieser Knochen ist außerdem der im Röntgenbild abnorm it erscheinende Gelenkspalt zwischen Naviculare und Cuneiforme.

Krallenstellung der Zehen ist durch die starke Plantarflexion der Metasalia hervorgerufen. Durch die Senkung des Vorfußes (Matheis) ist der eg für die Strecker verlängert, für die Beuger verkürzt. Strecker ziehen also den Grundgliedern und beugen die Zehen dorsal, dadurch laufen die Sehnen m Mittel- und Endglied nicht mehr parallel zum Grundglied, so stellen sich e Mittelglieder in die Hauptzugrichtung der Strecksehnen, also annähernd rallel zu den Mittelfußknochen in Beugestellung zum Grundglied.

Gestalt der Knochen.

An der Gestalt der einzelnen Knochen sind wenig Veränderungen feststellen.

So zeigt der Talus nur eine Abflachung, wohl Komprimierung, in seinem teren Abschnitt, hervorgerufen durch den dauernden, starken Druck an normer Stelle, die zunächst dafür nicht vorbereitet war und sich wohl erst iter den geänderten Bedingungen angepaßt hat. Aus denselben Gründen hl auch eine Abplattung des Naviculare in seinen plantaren Teilen.

Am Calcaneus ist auffallend eine starke, spitze Ausziehung des Ansatzes Achillessehne. Leicht erklärt durch die infolge starken Zuges dieser Sehne olgte Knochenneubildung. Ist doch zur Erreichung der Plantarflexion und mit zur Möglichkeit des Gehens eine dauernde Anspannung der Achillesne und ihrer Muskeln erforderlich gewesen.

Struktur der Knochen.

Da ja die Strukturveränderungen der Spongiosa im weitesten Umfange den Veränderungen der Form und Gestalt zusammen einhergehen und de voneinander abhängig sind, ist in diesem Falle auch an der Struktur nig festzustellen.

Am 1. System hat sich wenig geändert (Abb. 8).

Das 2. System zeigt eine geringe Richtungsänderung der Fasern im hinen Abschnitt, die steiler verlaufen und stärker ausgebildet sind bei A als in Norm. Der Druck von oben wird infolge der Plantarflexion ja ebenfalls

mehr in die hinteren Teile fortgepflanzt. Ebenso findet sich starke, deutliche Spongiosazeichnung bei B, hervorgerufen durch den abnormen Druck des ebenfalls stark plantarflektierten Cuboid.

Diese Zeichnung setzt sich kegelförmig in das Cuboid fort, wie ja überhaupt das Spongiosagerüst der kurzen Knochen nicht in einem einzelnen Knochen abgeschlossen ist, sondern sich über mehrere erstreckt. Sie läßt sich auch hier noch bis in das Metatarsale V hinein verfolgen.

Das 3. System ist infolge des starken Zuges der Achillessehne gut ausgeprägt.

Abnorm starke und deutliche Struktur findet sich weiterhin in der Verlaufsrichtung des unter den jetzigen Bedingungen zustande kommenden Belastungsdruckes, nämlich in den Cuneiformia, Naviculare und Talushals.

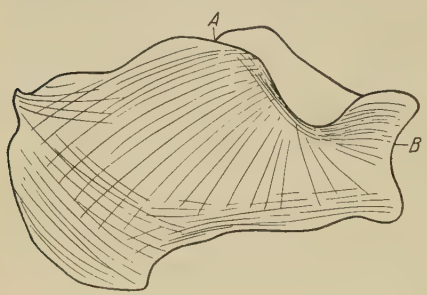


Abb. 8.

Die Köpfchen der Metatarsalia II und III, die wohl jetzt stärker belastet werden, sind stark entwickelt; nähere Struktur infolge der Deckung nicht erkennbar.

Im folgenden seien einige Fälle von Hohlfuß beschrieben, an denen in der Hauptsache nur auf die Strukturveränderungen im Calcaneus eingegangen werden soll.

Pat. A., 14 Jahre. Anamnese: Mit 12 Jahren bemerkt Pat., daß er seine Füße nicht mehr recht nach außen biegen kann. Nach einem Jahr allmähliche Krümmung der Füße, Erschwerung des Gehens.

Befund: An beiden Außenseiten der Unterschenkel Atrophie der Peronei. Achillessehne im untersten Teil nach innen abgeknickt; Fußgewölbe übertrieben stark ausgebildet, ausgesprochener Knick-Hohlfuß mit Pes adductus. Beim Stehen und Gehen wird die Plantarfläche der Ferse und der Mittelfuß nur an seiner Außenseite belastet, der adduzierte Vorderfuß wird in ganzer Breite belastet. Beugung, Streckung und Supination frei, nur die Pronation zeigt geringe Einschränkung.

Da das vorhandene Röntgenbild erst nach der stattgefundenen Operation (Resektion eines Keiles an der Außenseite des Fußes und Sehnenplastik) aufgenommen wurde, ist eine genauere Darstellung dieses Falles nicht möglich.

Lediglich der Calcaneus und seine Strukturzeichnung läßt sich genauer verfolgen.

Es fällt hier auf, daß das Sustentaculum tali sich in seiner Zeichnung kaum abhebt, in ihm also wohl die Knochenbildung wenig ausgeprägt ist, eine Folge der durch die starke Supination des Fußes fehlenden Belastung. Es kommt ja beim fertigen Knochen bei vollkommenem Fortfall der Inanspruchnahme zu einer Inaktivitätsatrophie, Verschwinden und Dünnerwerden der Knochenbälkchen, während es beim wachsenden Knochen entsprechend der gerade für das Sustentaculum tali von Fr. König ausgesprochenen Annahme es durch Druckentlastung zu einer kräftigeren Entwicklung des Sustentaculums kommt, was für die Entstehung des normalen Fußgewölbes wesentlich ist, da zuerst der äußere Fußrand beim Kind belastet wird und allmählich erst eine Pronation des Fußes eintritt.

Das 1. System läßt eine deutliche Verstärkung seiner Spongiosazüge Fersenhöcker erkennen, entsprechend der durch die Dorsalflexion des Calneus erzeugten Belastungsänderung, während die vorderen Abschnitte dieses stemes gegenüber der Norm eine Verminderung erfahren haben (Abb. 9a u. b).

Das 2. System: Da der Bogen des sog. Fußgewölbes beim Hohlfuß ein l höherer ist, die Struktur der Spongiosa sich diesem Bogen weitgehend anßt, so zeigen sich die Spongiosazüge steiler gestellt und gleichzeitig fällt sonders ins Auge eine gleichsam strangförmige Zusammenfassung von stark sgeprägten Spongiosazügen vom Gelenk zum Fersenhöcker (G).

3. System ist nicht deutlich erkennbar und erscheint mangelhaft ausbildet, was ja auch hinreichend durch den Ausfall der Achillessehne, der imär als Ursache des Hohlfußes oder sekundär erfolgt ist, erklärt ist.

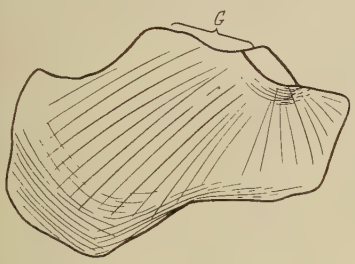


Abb. 9a.

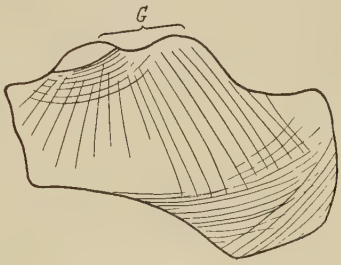


Abb. 9b.

Cuneiformia und Cuboid (soweit erhalten) zeigen ebenfalls eine starke, enger als in der Norm zusammengefaßte Zeichnung, die der veränderten rm des „Gewölbes" angepaßt ist.

Pat. W. 13 Jahre. Anamnese: Mit 4 Jahren „englische Krankheit". Seitdem geblich schlechtes Laufen, rechts stärkeres Hinken, allmählich aufgetreten. Von Kindermung nichts bekannt.

Befund: Beide Füße in typischer Hohlfußstellung, links stärker als rechts, so daß rse und Großzehenballen links einen Winkel von etwa 35° erreichen.

Alle Bewegungen können ausgeführt werden. Achillessehne, wie auch die Sehnen r Musculi tibialis posterior und peroneus longus stark gespannt.

Rechts gleicht sich bei Belastung der Hohlfuß aus und weicht über die Metatarsi it auseinander. Links kein Ausgleich des Hohlfußes.

Es läßt sich auch in diesem Fall im Röntgenbilde der gleiche Befund erben. Was zunächst die

Stellung der einzelnen Knochen

belangt, so findet sich Supination und Dorsalflexion des Calcaneus, wohl ch eine leichte Abduction des vorderen Teiles; diese läßt auch der Talus ernnen.

Das Naviculare steht hoch und erscheint in seinen unteren Partien komimiert durch den dauernden vermehrten Druck infolge der durch den Hohl3 bedingten schärferen Winkelstellung zwischen Talus und Calcaneus einerts und des Vorderfußes andererseits.

An den Knochen des Vorderfußes finden sich keinerlei Veränderungen. Der Befund findet seine Bestätigung in der Aufnahme von dorsal, der Vorderfuß adduziert, das Naviculare steht fast über dem Cuboid, das es fast ganz deckt, während es normal fast neben demselben liegen sollte. Talushals zeigt nach außen. Ebenso decken sich die Basen der Metatarsen stärker als normal.

Struktur der Knochen.

Die Strukturzeichnung des Calcaneus deckt sich völlig mit derjenigen des ersten Falles von Hohlfuß.

Auch hier nur geringe Zeichnung des Sustentaculum tali (Abb. 10).

1. System: Starke Vermehrung der Spongiosa des Fersenhöckers.

2. System: Struktur von der hinteren Gelenkfläche des Talus verläuft im streng zusammengefaßten Bündel zum Fersenhöcker, der Verlauf ist steiler als normal.

3. System: Nicht deutlich.

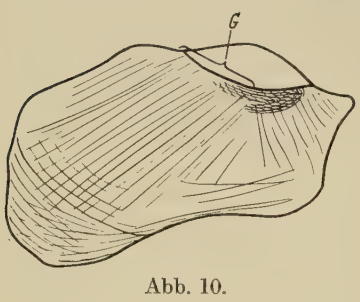


Abb. 10.

Die übrigen Knochen geben ebenfalls den gleichen Befund wie im ersten Fall.

Diesen beiden Fällen von ausgesprochenem, reinem Hohlfuß sei ein dritter angefügt, der im wesentlichen mit dem vorhergehenden übereinstimmt, aber doch andererseits noch eine erhebliche Varuskomponente in seiner Fußstellung aufweist.

Pat. F., 50 Jahre. Anamnese: Seit der Kindheit Schwäche im linken Bein, allmähliche Verschlimmerung. Pat. trägt Schienenhülsenapparat. Seit $^1/_2$ Jahr wesentliche Verschlimmerung und Schmerzen.

Befund: Unterschenkelmuskulatur links atrophisch. Linker Fuß in starker Varus- und Spitzfußstellung. Talus und Cuboid springen an der Außenseite deutlich vor. Vorderfuß im Mittelfuß-Fußwurzelgelenk proniert, Zehen erscheinen verkürzt. Äußerer Fußrand vermag nicht gehoben zu werden, Dorsalflexion nicht möglich, Plantarflexion erfolgt mit Verstärkung der Pronation im Mittelfuß-Fußwurzelgelenk. Beim Gehen wird die Außenseite der Ferse belastet, hierbei vollständige Ruhigstellung im Fußgelenk und leichte Beugung im Knie unter Verstärkung der Varusstellung. Das linke Bein wird nur nachgezogen, während das rechte hauptsächlich belastet wird.

Das Röntgenbild ergibt in bezug auf die Änderung der Stellung der einzelnen Fußknochen weitgehende Übereinstimmung mit derjenigen beim Hohlfuß. Freilich ist die Supinationsstellung des Calcaneus eine viel erheblichere, was vor allem auf der antero-posterioren Aufnahme zum Ausdruck kommt.

Diese zeigt ebenfalls als recht wesentlichen Befund eine deutliche Keilform des Talus. Die Spitze des Keiles zeigt nach der Innenseite. Eine Druckatrophie des Talus infolge des erheblichen, starken und relativ langandauernden Druckes ist wohl hierfür verantwortlich zu machen. Auch das Naviculare ist keilförmig, Spitze des Keiles nach unten, geformt, ebenfalls Druckatrophie.

Das Strukturbild zeigt ebenfalls ähnliche Veränderungen, wenn auch nicht so ausgeprägt wie der Hohlfuß. Auffallend ist auch hier die starke Strukturzeichnung am Hacken (1. System) (Abb. 11).

Erhöhte Belastung im hinteren Teil infolge der Dorsalflexion des Calcaneus

Weiterhin zeigt sich Verstärkung und Zusammenfassung der Züge zum ersenhöcker (G) entsprechend der Dorsalflexion des Calcaneus, ebenso kräftige ntwicklung der Züge gegen das Cuboid (E) hin, an welcher Stelle auch eine onorme Druckbeanspruchung leicht zu erklären ist (2. System) infolge der inkligen Abknickung des Vorderfußes gegen den Hinterfuß.

Naviculare, Cuneiforme und Metatarsen zeigen die bereits oben erwähnte eichnung mit starken Spongiosazügen, die streng der Richtung des bei der elastung von den Mittelfußköpfchen auf e Metatarsalia und Cuneiformia übertrage- en Druckes folgen.

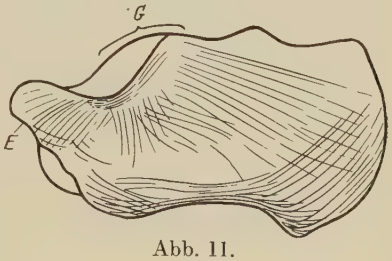


Abb. 11.

Ein weiterer Fall von erheblichem Kno- enumbau des Fußskelets fand sich als Rest- stand einer vor 8 Jahren erlittenen Kriegs- rletzung. Pat. kam zur Ausführung einer ekrotomie in die Klinik.

Der Fuß war rechts im oberen Sprung- lenk völlig versteift. Die Zehen waren bis f die I. und II. unbeweglich. Es fand sich eine Atrophie der Unterschenkel- uskulatur.

Das Röntgenbild ergab eine Synostose der Tibia, Fibula und des Talus, rner eine Pseudarthrose der Fibula.

Als Folge dieser Pseudarthrose war eine recht erhebliche Pronations- llung des Talus festzustellen, da wohl bei Belastung der nötige Halt der ßeren Malleolengabel gefehlt hat. Dieser Umstellung des Talus ist der lcaneus gefolgt, der ebenfalls stark proniert war. Also hier eine sekundäre onationsbewegung, während bei der Plattfußentstehung jetzt allgemein m Calcaneus eine primäre Pronationsbewegung zugesprochen wird.

Da sich fernerhin eine Schußschädigung s hinteren Teiles des Talus feststellen ließ, es hier nicht zu einer Plantarflexion des lcaneus, die eigentlich der Pronation folgen üßte, gekommen. Im Gegenteil ist diese cht nur ausgeglichen, sondern in eine leichte rsalflexion des Calcaneus umgewandelt rden, dadurch, daß die Belastung infolge s verletzten Talus weiter nach hinten ver- gt wurde.

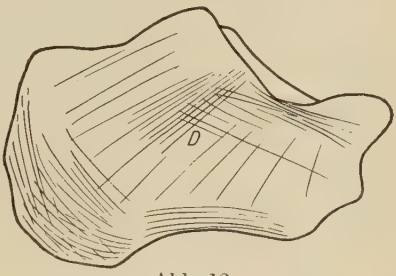


Abb. 12.

Für diese Belastungsverlegung spricht ch die recht erhebliche und strangartige Vermehrung der Spongiosazüge s 2. Systems zum hinteren Teil des Calcaneus hinziehend (D) (Abb. 12).

Auffallend ist noch ein abnormer Tiefstand des Naviculare, das gegen n Talus treppenförmig abgesetzt ist, was ja beim unbelasteten Fuß schon rmalerweise der Fall ist, doch nicht in dem ausgesprochenen Maße wie hier. r Vorderfuß ist gegen den leicht dorsalflektierten Hinterfuß nach abwärts treten, woraus sich dieser Absatz erklärt.

Gleichzeitig erscheint der Gelenkspalt des Talus und Naviculare ziem- h weit, da wohl in diesem Gelenk ein Teil der durch Versteifung

des oberen Sprunggelenks aufgehobenen Dorsal- und Plantarflexion ausgeführt wird.

Als letzte seien drei Fälle angeführt, die mir bei der Durchsicht des Materials durch ihre Gleichartigkeit auffielen. Sie gehören streng genommen nicht zu der vorliegenden Arbeit. Aber schon bei oberflächlicher Betrachtung fällt besonders im Calcaneus, trotz völliger ätiologischer Verschiedenheit der Entstehung der Deformität, eine so weitgehende Übereinstimmung in Richtung und Verlauf der Spongiosazüge auf, daß man eine funktionelle Entstehung derselben kaum in Abrede stellen kann.

Im ersten Falle handelt es sich um einen 33jährigen Pat., der mit 11 Jahren eine Osteomyelitis des rechten Unterschenkels durchmachte. Es bildete sich ein Klumpfuß aus, mit stark gehobenem innerem Fußrand, völliger Gelenkversteifung. Er wurde wegen eines Sequesters in der Tibia in die Klinik aufgenommen.

Abb. 13.

Im Röntgenbild ließ sich folgendes feststellen:

Talus, Calcaneus, Tibia und Fibula bilden untereinander eine feste Synostose, so daß eine genauere Begrenzung der einzelnen Knochen nicht möglich ist.

Es fällt am Calcaneus eine recht erhebliche Dorsalflexion, verbunden wohl mit einer Supination, auf.

Cuboid erscheint supiniert, das Naviculare steht ungewöhnlich hoch.

Gestalt der Knochen.

Der Talushals erscheint etwas verkürzt, an ihm finden sich dorsal, und ebenso auch an der korrespondierenden Stelle am Naviculare Ausziehungen der Gelenkfläche, die durch erhöhten funktionellen Reiz hervorgerufen sein dürften, da das Talo-Navicular-Gelenk einen Teil der normal im Talo-Tibial-Gelenk erfolgenden Dorsal- und Plantarflexion übernommen haben dürfte, um eine bessere Abwicklung des Fußes zu ermöglichen.

Struktur.

Die obenerwähnte Dorsalflexion des Calcaneus ist eine Folge der durch irgendwelche Gründe infolge der durchgemachten Osteomyelitis, jetzt weiter nach hinten verlegten Belastung desselben. Hierfür spricht auch eindeutig die starke und in der Richtung des Belastungsdruckes verlaufende Spongiosazeichnung bei C (Abb. 13).

Auch im vorderen Teil der Talusrolle und im Calcaneus sieht man die Faserrichtung senkrecht zur Belastung verlaufend und zum Tuber calcanei divergierend.

Im vorderen Teile erscheinen die Züge zu stark verwischt, als daß sich ein bestimmter Richtungsverlauf feststellen ließe.

Zu erwähnen ist noch eine gute Ausprägung der Spongiosazüge im Tuber i F, wo ja die stärkste Belastung erfolgt. Verdichtung der Spongiosa in der egend des Sustentaculum tali fehlt, dieses ist ja auch infolge der Synostose ischen Tibia, Talus und Calcaneus überflüssig geworden und wird funktionell cht mehr beansprucht.

Im zweiten Falle handelt es sich um eine 18jährige Patientin, ebenfalls t alter Osteomyelitis des linken Unterschenkels, die wegen eines neuen Weichlabscesses die Klinik aufsuchte.

Das Röntgenbild ergibt gleichfalls eine Synostose des Talus, der Fibula, bia und des Calcaneus.

Stellung.

Calcaneus dorsalflektiert, auch hier liegt der Belastungspunkt weiter ch hinten als normal, etwas hinter der Mitte des Calcaneus, dadurch Dorsalxion. Die übrigen Knochen stehen in einer hohlfußartigen Stellung.

Formveränderung.

Es zeigt sich im Calcaneus in den teren Teilen eine Verkürzung, hervorrufen durch den dauernden Druck während der Belastung in ziemlicher Stärke und ets an derselben Stelle.

Das Naviculare ist in seinem unteren il keilförmig komprimiert, an seinem eren Ende und am Cuneiforme I leichte teophytenauflagerung mit Ausziehung der elenkfläche.

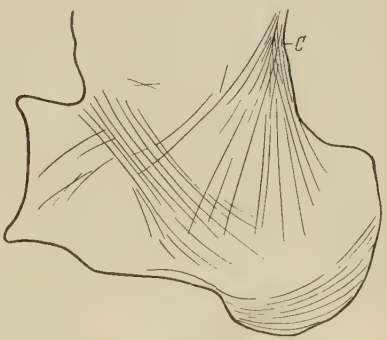


Abb. 14.

Am auffälligsten ist eine schnabelige Neubildung am Taluskopf an seiner Gelenkfläche gegen das Naviculare n. Ich möchte dieses, wie auch die vorhergehenden Veränderungen, darauf rückführen, daß in diesen Gelenken, infolge der völligen Versteifung des oberen e auch des unteren Sprunggelenkes, ein Teil der Funktion von diesen beiden elenken insbesondere die Dorsal- und Plantarflexion und zwar vornehmlich m Talo-navicular-Gelenk übernommen wurde, was einen erhöhten funktionellen iz für Talus und Naviculare bedeutete und so zu der erwähnten Bildung am luskopf geführt hat.

Struktur.

Wie schon erwähnt, findet sich gegenüber dem vorigen Bild des Spongiosaaufes im Calcaneus weitgehendste Übereinstimmung, was wohl aus der izze am deutlichsten ersichtlich ist. — Ein Knotenpunkt der Struktur bei von dort scharfe starke Züge in den Calcaneus und ebenso etwas weiter ch vorn gelegen ein zweites ähnliches Bündel, auch hier die Zeichnung des stentaculum tali aufgehoben (Abb. 14).

Der Vorderfuß zeigt entsprechend der in diesem Falle ausgeprägteren hlfußstellung, ganz übereinstimmend mit der an anderer Stelle beschriebenen ordnung der Spongiosa, dieselbe Strukturanordnung wie diese.

Diesen Fällen sei noch kurz ein dritter angereiht. Es handelt sich um den Restzustand nach einer alten Osteomyelitis des Unterschenkels, die auch zu einer Entfernung des Taluskörpers geführt hat.

Der Rest des Talushalses ist mit der Tibia synostiert. Der Calcaneus ist stark supiniert und durch die nach hinten verlegte Belastung dorsalflektiert. Sein vorderer Teil erscheint sehr kurz, die Gelenkfläche gegen das Cuboid ist durch dieses gleichsam eingedrückt (H), da das Cuboid nach plantar verschoben und der ganze Vorderfuß als Kompensation gegen die Dorsalflexionsstellung des Calcaneus plantarflektiert ist, ähnlich dem Hohlfuß, was auch in der Strukturzeichnung des Cuboid, Cuneiforme und Naviculare zum Ausdruck kommt (Abb. 15).

Der nur in seinen Resten sichtbare Talushals zeigt besonders hervortretende Züge von der vorderen Tibiakante aus, wo wohl die Belastung wirkt, zum Naviculare und in diesem sich noch fortsetzend.

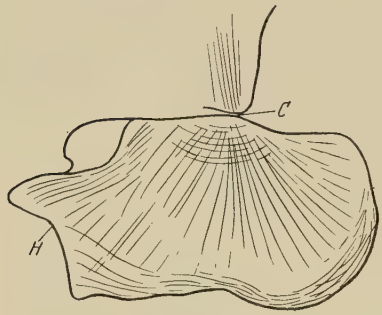


Abb. 15.

Am Calcaneus ist die Verdichtung in der Gegend des Sustentaculum tali schwächer als normal (Supinationsstellung). Beherrscht wird hier das ganze Strukturbild durch die von der hinteren Belastungsstelle (C) ausgehenden Züge, die nach oben in der Tibia, mit der in diesem Falle aber keine knöcherne Vereinigung besteht, sich verfolgen lassen. Die erwähnten Knochenbälkchen gehen von der Belastungsstelle strahlenförmig in den Fersenhöcker aus.

Ebenso zeigt sich das vordere Druckbündel gegen das Cuboid verstärkt.

Im folgenden einige Fälle von starken knöchern fixierten Pes planus mit Valguskomponente.

Auf die Frage der Entstehung des Plattfußes sei hier nicht weiter eingegangen. Sie dürfte wohl auch heute trotz zahlreicher Arbeiten und Feststellungen darüber noch nicht völlig geklärt sein, über sie die mannigfaltigsten Anschauungen herrschen.

Mit Rücksicht auf die hier zu beschreibenden Fälle sei aber kurz folgendes erwähnt.

Es ist zu unterscheiden zwischen einem Pes planus und einem Pes valgus (Matheis).

Beim Pes planus ist das Primäre das Flachdrücken des Tragbogens durch die Körperlast infolge Knochen- und Bänderschwäche.

Beim Pes valgus findet primär ein Umlegen des ganzen Tragbogens durch Muskelschwäche im Sinne einer Pronationsbewegung statt.

Bei beiden Deformitäten kann das innere „Fußgewölbe" abgeflacht erscheinen.

Bewiesen wird dies durch die Röntgenbefunde von Baisch am belasteten und unbelasteten Pes planus bzw. valgus.

Er stellte fest, daß es beim Pes planus in der Hauptsache nur zu einem Flachlegen des Calcaneus kommt, dem die laterale Fußwurzelknochenreihe folgt, während der Talus und die mediale Reihe sich nur wenig plantar senkt.

Hingegen fand sich beim Pes valgus ein starkes Heruntersinken der medialen ihe, der Talus gleitet medial vom Calcaneus ab, die Fibula weiter nach vorn rschoben, Calcaneus nach hinten, so daß die Hacke abnorm lang ausgebildet scheint und das Cuboid mit der lateralen Knochenreihe zurückgenommen rd, wodurch es zum Pes abductus kommt, der Talushals wird nach oben gebogen; dadurch Gelenkveränderungen im Talo-navicular-Gelenk.

Auf Grund dieser Befunde läßt sich an den folgenden Fällen feststellen, ß es bei allen Pat. sich wohl um eine Kombination beider Formen handelt, d daß fast bei allen die Valguskomponente recht stark ausgeprägt ist.

Pat. St., 16 Jahre. Anamnese: Seit einem Jahr nach langem Stehen Schmerzen im ken Fuß.

Befund: Vorderfuß links abduziert, innerer Fußrand gesenkt. Unter dem Malleolus ernus Talus und Naviculare fühlbar, beide springen nach innen gleich weit wie der Malolus vor. Druckschmerz am Talo-Naviculargelenk und auf dem Fußrücken. Fußwölng fast verschwunden. Pro- und Supination aufgehoben. Ferse springt beim Stehen ch hinten vor und weicht in ihrer Achse etwas nach außen von der Unterschenkelachse ab.

Stellungsänderung der einzelnen Fußknochen.

Calcaneus erweist sich als stark proniert, plantarflektiert und nach hinten rschoben.

Talus ist weitgehend gefolgt, so daß er fast neben dem Calcaneus liegt, eichzeitig ist er adduziert, so daß in der seitlichen Aufnahme der Talushals ürzer als in der Norm erscheint.

Naviculare ist diesem Tiefertreten weitgehend gefolgt, so daß es fast enso tief wie die Gelenkfläche des Calcaneus gegen das Cuboid steht.

Gegen die Fußwurzel ist der Vorderfuß im Lisfrancschen Gelenk gleichm aufgehoben, also dorsalflektiert.

Gestalt der Knochen.

Am Calcaneus ist eine deutliche, stärkere Ausbildung des Höckers an der rderen, unteren Fläche erkenntlich. Es handelt sich wohl um eine appositonelle Anlagerung infolge der jetzt hauptsächlich an dieser Stelle und nicht ehr an dem Tuber calcanei erfolgenden Belastung.

Am Talushals findet sich eine dreieckige Aussprengung, von einem Trauma nichts bekannt.

Ebenso findet sich eine Aufbiegung des Talushalses gegen das Corpus li nach dorsal.

Beide Befunde lassen sich vielleicht insofern zusammenbringen, daß bei ler Belastung der Talushals, der ja stark plantar flektiert ist, eine Stauchung m Naviculare übertragen erfährt, die aber nicht mehr in der alten durch stalt und Struktur vorgesehenen Richtung erfolgt, sondern hauptsächlich dem oberen Teil der Gelenkfläche, und zwar bei dem Versuch der Abrollung, r allerdings nicht groß ist beim Plattfuß. Es handelt sich hier also um eine ssprengung infolge der Aufbiegung des Talushalses.

Es kommt bei starken Plattfüßen nach Ewald häufig zu Exostosen, so ß unter Umständen die Fehldiagnose einer Fraktur gestellt wurde.

Naviculare ist aus dem gleichen Grunde in seinem oberen Teile durch den rken Druck komprimiert.

Malleolus externus zeigt sich kräftig entwickelt, da er wohl infolge der starken Valgusstellung bei der Belastung den Calcaneus berührt und so einen „funktionellen Reiz" erhält, sind doch von einigen Autoren sogar Plattfußskelete beschrieben worden, an denen es infolge der starken Valgusstellung zur Bildung eines richtigen Gelenkes zwischen Calcaneus und Fibula gekommen ist infolge der Hinzuziehung des Malleolus externus zur Stützfunktion.

Struktur der Knochen.

Bevor die Struktur des vorliegenden Falles eingehender beschrieben sei, sei kurz auf die bisher festgestellten Resultate beim Plattfuß eingegangen.

Es lagen mir nur zwei Arbeiten vor, die die Strukturveränderungen behandelten.

Eine Arbeit von Engels, die sich mit der normalen Struktur der Spongiosa im Fußskelet beschäftigt und der vor allem an ihr zu beweisen sucht, daß das Fußgewölbe, entgegen der Ansicht zahlreicher anderer, wohl eine Gewölbegestalt besitze, aber man auf Grund des Verlaufes der Spongiosabälkchen keinesfalls eine Gewölbefunktion des Fußes annehmen könnte.

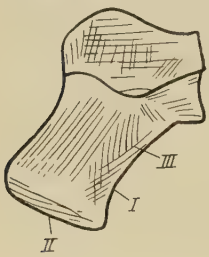


Abb. 16. Lettenbauer.

Auf diese Arbeit gründet Lettenbauer seine Beobachtungen, der sich im großen und ganzen nach der von Engels festgestellten Anordnung der Spongiosa richtet. Hiernach nimmt er folgende Systeme der Knochenbälkchen im Calcaneus an (Abb. 16):

I. Längs der Mitte der unteren Fersenbeinfläche.

Durch Zug des Lig. plantare long. und M. abductor hallucis.

II. Von der unteren Fläche des Fersenbeinhöckers zur hinteren, durch Zug der Achillessehne und der Fußsohlenmuskulatur.

III. Ein Zugbündel, kreisbogenförmig um einen Mittelpunkt an der hinteren Gelenkfläche des Fersenbeins im vorderen Drittel — es soll lediglich ein Verstärkungsbündel sein, das ein Durchbiegen des Calcaneus verhindert.

Hinzu kommen noch zwei Druckbündel, das eine zum Fersenbeinhöcker, das andere zum Cuboid, deren Verlängerung sich nach oben im Talus kreuzen würde.

Mir erscheint die oben schon angewandte Teilung der Calcaneusstruktur nach Rauber-Kopsch übersichtlicher zu sein und auch den Verhältnissen eher entsprechend. Wie oben erwähnt, ist der Muskelzugwirkung nur eine geringe Rolle in der Formgestaltung und Transformation des Knochens zuzusprechen, wenn auch zweifellos ein gewisser Einfluß besteht. Gerade beim Plattfuß (Hohmann) ist ja aber von einer stärkeren Funktion der Muskeln keine Rede, da der Gang stampfend und unelastisch ist, eine Abwicklung des Fußes nicht stattfindet, sondern der Fuß wie eine starre Platte aufgesetzt und abgehoben wird. Wesentlicher erscheinen mir die statischen Änderungen, die auch die durch sie entstandenen Strukturänderungen leichter und vollkommener erklären, als die der veränderten Muskelzugwirkung. Gegen die Entstehung der Züge von I durch Muskelwirkung des Abductor hallucis und Lig. plantare long. spricht schon, daß sich im normalen Bild diese Züge fortgesetzt bis zu

elenkfläche gegen das Cuboid, also gar nicht mehr in der Richtung des Zuges r erwähnten Muskeln, nachweisen lassen.

Es sollen also das obenerwähnte Zugbündel I und II als eins betrachtet erden, ebenso III, das ja auch von den erwähnten Autoren nur als Verstär-ngsbündel der vorigen angesehen wird.

Die Feststellungen, die von Lettenbauer am Calcaneus am Plattfuß macht wurden, sind kurz folgende (Abb. 17):

I. Zugbogen geringere Breite, da Angriffsfläche der Fußsohlenmuskeln rkleinert.

II. Zugbogen breiter, durch Senkung des Fortsatzes wird die Ansatz-che der Achillessehne verbreitert.

III. Stark verbreitert, fast bis zur hinteren Oberfläche des Hackens. Es rchkreuzt fast $^2/_3$ des Druckbündels, normal nur $^1/_3$, also sind diese gekreuzten ge des Druckbündels verstärkt und nach vorn konkav gekrümmt (IV) und hen in die horizontalen Bündel zum Cuboid über.

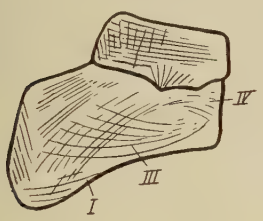


Abb. 17. Lettenbauer.

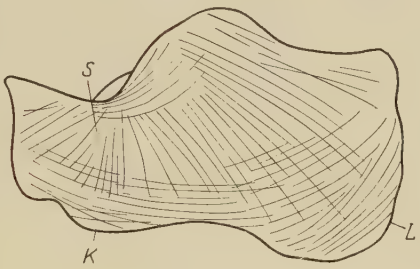


Abb. 18.

Ein zeichnungsfreies Dreieck, das normal zwischen dem vorderen und nteren Druckbündel vorhanden ist, soll beim Plattfuß aufgehoben sein.

Die in der vorliegenden Arbeit erhobenen Befunde decken sich zum Teil t den hier erwähnten, vor allem zeigen die Veränderungen des III. Zugbogens ettenbauer) weitgehend Übereinstimmung, wie wohl überhaupt diesem stem beim Plattfuß die größere Bedeutung und deutlichere Veränderung zusprechen ist.

Zurück nun zu dem obenerwähnten Fall, an dem die festgestellten Struktur-ränderungen beschrieben seien.

Am 1. System: Zeigten in diesem Fall die Züge an der hinteren Ober-che des Fersenhöckers (L) keinerlei Veränderung gegen die Norm. Auch ß sich bei den übrigen Pat. in keinem Falle eine Verbreiterung oder Ver-rkung feststellen, wie sie von Lettenbauer festgestellt wurde. Im Gegen-l fand sich bei den schwersten Fällen eine schwächere Ausbildung und eine rschiebung des ganzen Bündels nach plantar. Es ist dies auch in Überein-mmung zu bringen mit der oben beim Hohlfuß erwähnten Verstärkung dieser ge, da ja hier eine stärkere Belastung des Fersenhöckers erfolgt, beim Platt-ß dagegen eine geringere und weiter plantar angreifende (Abb. 18).

Die Komponente der Achillessehne ist wohl nur eine sehr geringe auf se Systeme, und es müßte wohl auch bei starker Beeinflussung der Struktur

durch ihren Zug nicht nur zur Verstärkung der hinteren Faserzüge kommen sondern zu einem strahlenförmigen Ausstrahlen der Züge vom Ansatzpunkt au

Ich glaube daher, daß diesem Bündel in der Hauptsache der Widerstan gegen den Bodendruck und das Vermeiden der Dehnung des Knochens bei de Belastung von oben zukommt.

Weitere Bestätigung hierfür dürfte sein, daß es gerade an der Stelle, w man jetzt die Hauptstelle der Belastung annehmen kann (K), neben der scho erwähnten stärkeren Ausbildung des Höckers, der sich bei allen Fällen vo Pes planus feststellen ließ, zu einer Verstärkung und Verbreiterung dieses Bünde kommt, das auch von Lettenbauer festgestellt wurde. Verstärkung, um de an dieser Stelle hauptsächlich zum Ausdruck kommenden Bodendruck z widerstehen (Abb. 19).

2. System. Die Verdichtung unter den Gelenkflächen gegen den Talu ist in den vorderen Teilen, entsprechend der anderen Belastung, etwas stärke als normal.

Von hier aus gehen die Spongiosazüge zur unteren Fläche des Calcaneu Und zwar beim Plattfuß in den vorderen Teilen des hinteren Druckbünde

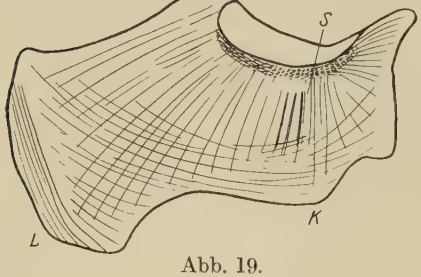


Abb. 19.

in einem stärker ausgeprägten konkave Bogen (Lettenbauer) als normal, d immer so stark ausgeprägt ist, daß d Züge möglichst senkrecht zur Knoche oberfläche gelangen.

Das oben schon erwähnte zeichnung freie Dreieck im vorderen Calcaneus i in der Tat bei den schwersten Fällen durc fast senkrecht von oben nach unten ve laufende Züge ausgefüllt und erscheint den leichteren Fällen etwas weiter nac vorn gerückt zu sein in dem gleichen Maße, wie die Belastung durch die Planta flexion nach vorne rückt. Im vorliegenden Fall sind ziemlich deutliche sen rechte Züge erkennbar (S).

Pat. V., 14 Jahre. Anamnese: Seit 4 Jahren Gehbeschwerden, seit $^1/_4$ Jahr Bew gungsbehinderung rechts.

Befund: Beiderseits Valgusstellung. Rechts abduzierter Fuß, nach außen flektie und proniert; Calcaneus steht weit medial vor. Pro- und Supination nicht möglich.

Stellung und Gestalt der Knochen.

Der Calcaneus ist stark proniert, gleichsam am Talus vorbeigerutsch Dieser selbst ist nur plantarflektiert und hat in dieser Bewegung d Naviculare mitgenommen.

Der Calcaneus zeigt eine recht erhebliche Anlagerung von Knochensubsta bei K aus den oben erwähnten Gründen. Im weiteren erscheint der gan Calcaneus flacher als normal, der Fersenhöcker steht zum Körper in eine stumpferen Winkel, gewissermaßen also nach oben aufgebogen.

Struktur.

Sie ist wieder ähnlich verändert wie oben. Stärker ausgeprägt find sich die Züge senkrecht nach unten (S). Eine recht deutliche Verlagerung d

erdichtung (V) nach vorn. Die vorderen Züge des hinteren Druckbündels zeigen ne besondere Ausprägung des konkaven Bogens (Abb. 20).

Pat. Sch., 24 Jahre. Anamnese: o. B. Wegen Struma Aufnahme in die Klinik. Befund: Beiderseits Pes plano-valgus in höchstem Grade. Talus ruht beiderseits f dem Boden auf. Fußgewölbe völlig durchgetreten.

Am linken Fuß handelt es sich um einen schwersten Grad von Plattfuß. ie Mitte des Fußes ist direkt nach unten durchgebogen (Wiegenfuß).

Der Calcaneus ist proniert, liegt teilweise neben dem Talus. Der Malleolus xternus ist stärker als normal entwickelt, a er wohl einen Teil der Belastung von ben auf den Fuß überträgt infolge der ronationsstellung des Calcaneus.

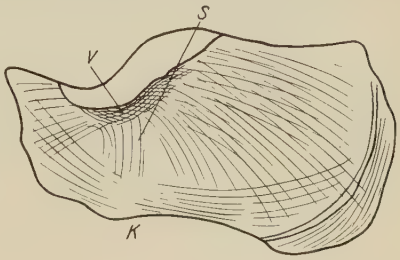


Abb. 20.

Der Talushals ist fast geschwunden, ohl infolge von Druckatrophie, die durch das ch unten durchgebogene Fußskelet hervorrufen wurde, indem in den oberen Teilen ein arker abnorm gerichteter Druck entstand.

Ebenso zeigt noch das Naviculare in seinen oberen Teilen aus den gleichen ründen Druckatrophie, so daß es keilförmig erscheint, die Spitze des Dreiks dem Dorsum zugewandt.

Das Cuboid ist ebenfalls stark plantar gesenkt, seine Tuberositas kräftig twickelt infolge stärkerer Inanspruchnahme, die auch in der kräftigen Strukturichnung des Cuboid zum Ausdruck kommt.

Eine hochgradige Abduction des Vorderfußes, wie sie eigentlich die Folge es so stark entwickelten Plattfußes sein müßte, läßt sich nicht nachweisen. es erscheint auf der Aufnahme von oben die Abduction des weniger ergriffenen chten Fußes eine stärkere. Links ist diese Abduction wohl teilweise ausglichen worden durch die Atrophie des Talushalses und die hierdurch erfolgte rückverlegung der medialen Fußknochenreihe.

Struktur.

1. System. In diesem Falle von schwerstem Plattfuß findet sich gerade oben schon erwähnte, fast als Atrophie zu bezeichnende Verdünnung und

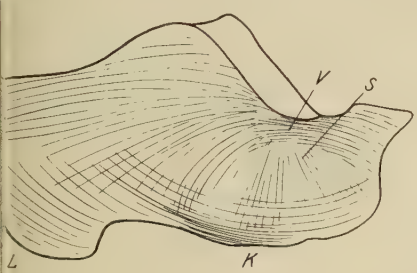


Abb. 21 a.

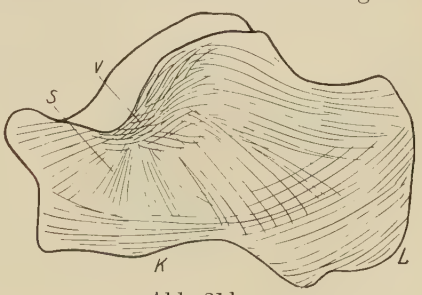


Abb. 21 b.

fhellung der Spongiosazüge bei L, und zwar auch links entsprechend der weren Veränderung stärker als rechts. Die nach Vorn-Verlegung von K und die r stattgefundene Verdichtung ist ebenfalls deutlich ausgeprägt (Abb. 21 a u. b).

2. System. Hier ist besonders entwickelt die Zeichnung bei V, die ebenfalls weiter vorn liegt als normal. Es finden sich bei dem stärker entwickelten linken Plattfuß diese Befunde stärker, ebenso sind hier die senkrechten Züge (S) stark hervorspringend und die konkaven Bögen des hinteren Druckbündels kräftig entwickelt.

Das 3. System läßt sich in diesem Falle, während es in den anderen Fällen nicht deutlich angedeutet war, nachweisen.

Neben diesen Fällen von schwersten knöchernen Pedes plani valgi, da man wohl keinen als reinen „Plattfuß" sehen kann, seien nun noch einige leichtere Fälle aus der poliklinischen Behandlung angeführt. Sie fanden sich bei der Durchsicht des Materials, zeigen aber nicht die schweren Veränderungen, sondern nur einzelne verschiedene Abweichungen, die aber ihrerseits mit den erwähnten Veränderungen übereinstimmen, und diese Befunde, wenn man bei den wenigen Fällen überhaupt davon reden kann, bestätigen können.

Die Diagnose lautete bei allen Fällen auf Knickplattfuß mit typischen Plattfußbeschwerden. Die Therapie bestand in Einlagen.

Da alle Füße nur im unbelasteten Zustand aufgenommen wurden, kann auf eine genauere Analyse der Stellungsänderung im Fußskelet nicht eingegangen werden. Diese würden ja, da es sich nicht um fixierte Deformitäten handelt, sei es knöchern oder sonst irgendwie, keine brauchbaren Ergebnisse geben. Besteht doch die beginnende Valgität gerade darin, daß in unbelastetem Zustand ein recht erheblicher Rückgang der erfolgten Verschiebung der Knochen stattfindet, wie es ja schon für den normalen Fuß im belasteten und unbelasteten Zustand gilt (Baisch). Nimmt man doch auch auf Grund dieser Untersuchungen an, daß auch schon normal in der Belastung eine leichte Umlegung des Fußgewölbes stattfindet und die Valgität nur eine pathologische Steigerung dieses Vorganges ist.

In dem ersten Fall fiel besonders ein ungewöhnlich langer Calcaneus auf, vor allem erschien der hintere Teil sehr ausgezogen. Wenn auch bei jedem Pes planus und Pes valgus infolge der Senkung des Talus und seiner medialen Verschiebung, neben der Pronation und leichten medialen Bewegung des vorderen Calcaneus, auch eine Bewegung des Calcaneus nach hinten eintritt, so daß fast jeder Plattfuß eine abnorm lange Hacke zeigt (Baisch), so fiel die absolute Länge dieses hinteren Calcaneus-Abschnittes doch sofort auf. Und es läßt sich vielleicht in diesem einzelnen Falle nicht ohne weiteres von der Hand weisen, daß dieser abnormen Länge ein ätiologisches Moment zur Entstehung des Plattfußes zuzusprechen ist, in dem Sinne, daß durch den verlängerten hinteren Hebelarm eine Senkung des Calcaneus im ganzen erfolgte, verbunden mit Pronation und sekundären Senkung der übrigen Fußknochen.

Weiterhin erschien der Taluskopf horizontaler gegen das Corpus gelagert als normal, also aufgebogen.

Die Struktur des Calcaneus folgte genau den oben festgestellten Regeln (Abb. 22).

Die anderen beiden Fälle zeigten ebenfalls die Strukturzeichnung, der erste eine starke Verschiebung des hinteren Bündels im Hacken nach plantar, das hier noch kräftig entwickelt war, der zweite eine deutliche Verbreiterung der Zeichnung in der Gegend des Sustentaculum tali, und deutliche Zeichnung an

er vorderen Unterseite des Calcaneus. Es war hier nicht zur Ausbildung eines öckers bei K gekommen, dafür weist die Spongiosa aber an dieser Stelle eine hr große Dichtigkeit auf, wie sie in keinem der anderen Fälle beobachtet wurde.

Sonst fiel auf, im ersten Falle ein keilförmiges Naviculare infolge erhöhten Druckes; die Spitze zeigte nach dorsal, im zweiten Fall eine starke usziehung an der Ansatzstelle der Achillessehne, vermehrter Zug derselben.

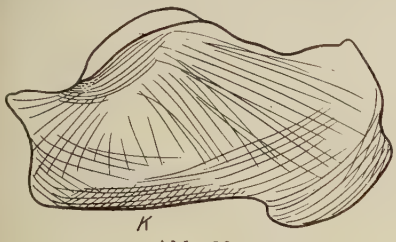


Abb. 22.

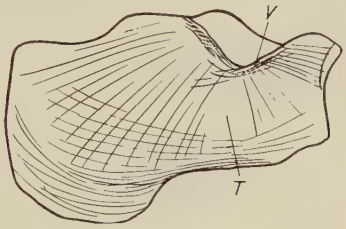


Abb. 23.

In einem weiteren Falle bestanden seit zwei Jahren Plattfußbeschwerden, ie Wölbung war im Hängen recht gut herstellbar. Im Röntgenbild fanden ch außer einer leichten Plantarflexion des Calcaneus keinerlei Veränderungen, ährend die Struktur sich schon weitgehend im oben angegebenen Sinne verndert zeigte. Besonders auffallend ist die deutliche Verbreiterung und Verlagerung der Züge des 1. Systems, ebenso eine nach Vorne-Verlagerung vom . System bei V, während hier noch, also im Beginn der Deformität, ein fast eichnungsfreies Dreieck bei T nachzuweisen ist (Abb. 23).

Abb. 24.

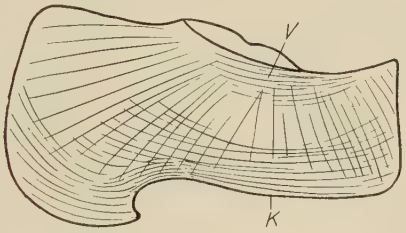


Abb. 25.

Einen noch geringeren Grad zeigt ein Pat., der nach einer Distorsion es Fußgelenks an Plattfußbeschwerden litt. Abgesehen von einem Ansatz on Calcaneussporn findet sich auch hier am 1. System leichte Verstärkung, m 2. System Vorverlagerung, auch hier ist noch ein zeichnungsfreies Dreiek nachweisbar, wenn auch schon ein Teil der Züge (S) eine fast senkrecht ach unten verlaufende Richtung eingenommen hat (Abb. 24).

Als letzter ein Fall von traumatischem Pes planus infolge schwerster erstörung der Fußknochen, während der Calcaneus keine traumatischen Verderungen zeigte.

Bemerkenswert ist hier die Abflachung des vorderen Calcaneusteiles durch ruckatrophie, weiter eine starke Verstärkung der Züge bei K und die vorn egende Verdichtung bei V (Abb. 25).

Was den zeitlichen Ablauf der in dem Knochen auftretenden funktionellen Anpassungs- und Transformationsprozesse anbelangt, so nahm Wolff eine sofortige Änderung bei veränderter Inanspruchnahme an.

Die von Jores an Kaninchen und Meerschweinchen durchgeführten Untersuchungen zur Erzeugung einer Druckatrophie im Sinne der Hüter-Volkmannschen Theorie zeigten schon eine deutliche Änderung im Knochen nach wenigen Tagen. Es handelte sich allerdings nur um mikroskopische Veränderungen.

W. Müller unterscheidet, indem er darauf hinweist, was Roux schon betont hatte, daß eine genaue Feststellung der Zeit nicht möglich sei, jedenfalls aber die Umarbeitung kompakter Knochen vielmal mehr Zeit erfordere als die der Spongiosa, einmal langsame Transformationsprozesse, und zum anderen einen sog. akuten Knochenumbau.

Die in dieser Arbeit erwähnten Fälle dürften ausnahmslos dem ersten Prozeß zuzurechnen sein. Unter diesen langsamen Prozessen versteht Müller auch diejenigen Veränderungen im Sinne der Wolffschen Lehre vom Transformationsgesetz der Knochen.

Die Prozesse gehen so langsam vor sich, daß selbst teilweise die Röntgenkontrolle keine Änderungen erkennen läßt. Allmählich bilden sich gewisse Züge stärker aus und andere schwinden, wie dies auch schon unter normaler Belastung und Gebrauch geschieht.

Es fiel also für die hier berichteten Fälle eine nochmalige Nachprüfung der Befunde mittels Röntgenbild fort, da die Zeit der Beobachtung eine zu kurze war.

Aus den bisherigen Arbeiten geht aber hervor, daß die Zeit des Umbaues im Verhältnis zu setzen ist mit den Kräften, die am Knochen angreifen. Bei intensiver Beanspruchung findet auch ein starker Um- und Anbau statt.

Das führt allmählich über zu den von Müller als akuten Umbau bezeichneten Vorgängen, wie sie stattfinden bei plötzlicher statischer Veränderung, z. B. Resektion eines Stückes der Diaphyse des Radius bei Erhaltung der Fibula, die als an und für sich schwächerer Knochen jetzt eine sehr viel stärkere Beanspruchung erfährt.

Ein Fall sei erwähnt, der, wenn auch geringe Schlüsse auf die Zeit des Umbaus ziehen läßt.

Es wurde bei diesem Pat. wegen einer Entzündung der von Eiter durchsetzte Talus entfernt.

Am 10. Februar erfolgte im Verband die erste Röntgenaufnahme. Pat. wurde dann im Mai entlassen, er ging verhältnismäßig gut an zwei Stöcken. Im oberen Sprunggelenk waren nur leichte Wackelbewegungen möglich.

Bei der im September, also nach 5 Monaten, erfolgten Wiederaufnahme wegen einer Fistel ließen sich im Röntgenbild schon einige, wenn auch geringe Veränderungen feststellen.

Zunächst einmal hatte sich der Calcaneus in eine Supinationsstellung gestellt, da wohl, infolge des Fehlens des Talus, der tiefer herabreichende Malleolus externus die Drehung des Calcaneus bei erfolgender Belastung bewirkt hatte, so daß der vordere Teil des Calcaneus kürzer erscheint.

Recht auffällig erschien eine erhebliche Veränderung der Strukturzeichnung s Sustentaculum tali, das ja durch die Supinationsstellung von der Belastung freit wurde. Weiter ist die Struktur des hinteren Fersenhöckers bei L kräftiger olge der Dorsalflexion des Calcaneus, während bei K eine Aufhellung sich merkbar macht, da ja die Belastung jetzt weiter hinten erfolgt (Abb. 26 u. 27).

Eben angedeutet erscheint eine Strukturvermehrung im hinteren Abnitt des Calcaneus.

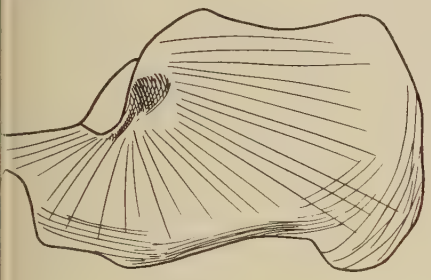


Abb. 26.

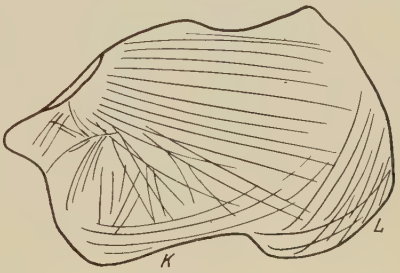


Abb. 27.

Es kommt wohl bei den erworbenen Deformitäten zunächst einmal zu er Stellungsänderung. In dieser neuen Stellung erfolgt nun die Belastung w. die Funktion und durch diese kommt es dann zu einer Transformation Knochen, zu einer Richtungsänderung und Verstärkung der Spongiosazüge, in die Richtung des Druckes fallen.

In diesem Falle schon nach 5 Monaten die ersten nachweisbaren makroopischen Veränderungen.

Zusammenfassung.

Eine funktionelle, zum größten Teil zweckmäßige Anpassung an die Verlerung der Statik und Funktion ließ sich in allen erwähnten Fällen deutlich chweisen, ebenso die vorhandenen Deformitäten hieraus erklären.

Die Veränderungen an dem Knochen selbst in bezug auf ihre Gestalt d ziemlich gering. Die Form der Knochen dürfte also als weitgehend vererbt d beständig (Roux) anzusehen sein. Die äußerliche Gestaltveränderung den Füßen sind also im wesentlichen auf die Stellungsänderungen der einnen Fußknochen zueinander zurückzuführen. Diese können unter Umnden recht erheblich sein, so daß die vorhandenen Gelenke in ganz andere nktion zueinander treten, ja es sogar zu Neubildungen von Gelenken mmen kann.

Die Veränderungen am Knochen selbst betreffen vornehmlich die Ausgung des Relief. Es sind hier besonders die natürlichen Brems- und Sperrrichtungen wie die Processi, und die prominenten Belastungsstellen wie berositas Metatarsi V und Tuberositas cuboidei, weitgehend wandlungsfähig, l zwar im positiven wie negativen Sinne durch die infolge der neuen statischen hältnisse ausgeübten neuen „funktionellen Reize", bestehend in Druck- l Druckentlastung. Ferner ließ sich bei vermehrtem Muskelzug stets, zum

Teil sogar eine recht erhebliche Ausziehung und Vermehrung der Muskelinser tionsstellen, also des dort befindlichen Faserknochens feststellen.

Des weiteren läßt sich eine Druckatrophie evtl. sogar eine Kompressio einzelner Teile der Knochen bestätigen, so z. B. des oberen Teiles des Navicular bei Plattfuß, des unteren Teiles beim Hohlfuß, des medialen Teiles des Talu bei einer Varusstellung des Fußes, auch zeigt in manchen Fällen der Calcaneu in seinen vorderen Teilen eine Abflachung, wenn es zu einer Belastungsverlegun nach vorn gekommen ist.

Als Grund hierfür läßt sich einmal ein dauernder Druck anführen, i anderen Fällen ein wiederholter, wohl die Reizschwelle überschreitender Druc von relativ langer Dauer.

Der Druck, der in einer anderen Richtung, als die ursprünglichen Spongiosa züge verlaufen, erfolgt, ist für den Knochen, obwohl er andernfalls in normale Richtung und in gleicher Stärke erfolgend ausgehalten würde, zu stark, da di Knochenbälkchen nicht im Richtungsverlauf des Druckes stehen. Erst all mählich ändern sie ihre Richtung, ja — verstärken und verdichten sich sogar un vermögen nun Widerstand zu leisten.

Kommt es erst allmählich und weniger stark zu einer Änderung der Druck richtung und zu einer abnormen Inanspruchnahme, so wird sich die Struktu ebenso diesen Verhältnissen durch die erfolgenden „funktionellen Reize" lang sam anpassen und Widerstand leisten, so daß es nicht zu einer Druckatrophi kommt.

Es ließ sich überhaupt in diesen Fällen feststellen, daß die Struktur veränderungen viel größere und ausgeprägtere sind als evtl. Formveränderunge und daß es wohl stets primär zu einer Strukturveränderung im Sinne der ge änderten Inanspruchnahme kommt.

Diese Strukturveränderungen den Calcaneus betreffend ließen sich nach weisen, was wohl die beigefügten Skizzen am deutlichsten zeigen:

1. Hohlfuß (Abb. 28).

a) Vermehrung der Züge am hinteren Fersenhöcker (L).

b) Strangartige Zusammenfassung sowie Verstärkung des hinteren Druck bündels (G).

c) Vermehrung der Zeichnung gegen das Cuboid hin.

2. Plattfuß (Abb. 29).

a) In schwersten Fällen Verminderung bzw. Verschiebung nach planta der Züge am hinteren Fersenhöcker (L).

b) Vorverlagerung des Knotenpunktes K.

c) Verstärkung der Züge und Verbreitung über diesen Punkt.

d) Vorverlagerung der Verdichtung bei V.

e) Stärkere Konkavität der vorderen Züge des hinteren Druckbündels

f) Aufhebung des normalen zeichnungsfreien Dreiecks durch senkrecht Züge zur unteren Fläche (S).

3. Spitzfuß (Abb. 30).

Geringe Veränderungen, leichte Atrophie des hinteren Fersenhöckers (L) Vermehrung der Struktur gegen das Cuboid (B), Verstärkung bei P.

4. Bei Verlust des Talus (Abb. 31).

a) Vermehrung der Züge am hinteren Fersenhöcker, ähnlich der beim ohlfuß, da es ja auch hier zu einer Dorsalflexion des Calcaneus gekommen (L).

b) Ausbildung eines neuen Druckbündels von der hinteren Tibiakante (C), s sich fächerförmig in den Fersenhöcker fortsetzt.

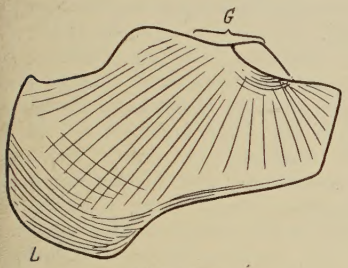


Abb. 28.

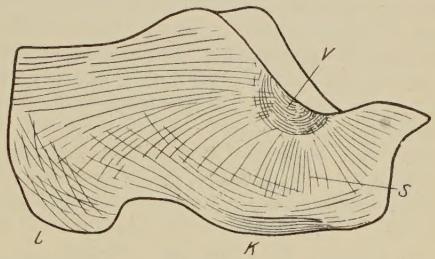


Abb. 29.

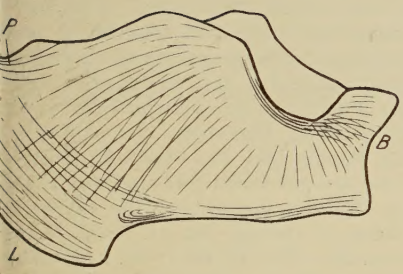


Abb. 30.

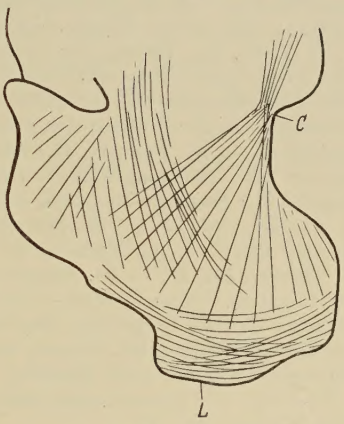


Abb. 31.

c) Ausbildung eines vorderen Druckbündels ebenfalls fächerförmig von r vorderen Tibiakante.

d) Verdichtung in der Gegend des Sustentaculum tali und der ehemaligen lenkfläche gegen den Talus völlig aufgehoben.

Am Schlusse meiner Arbeit ist es mir ein Bedürfnis, Herrn Geheimrat önig für die liebenswürdige Überlassung des Themas und die freundlichen tschläge bei ihrer Abfassung meinen verbindlichsten Dank auszusprechen.

Literatur.

1. Wolff, Julius: Die Lehre von der funktionellen Knochengestalt. Virchows Arch. athol. Anat. u. Physiol. Bd. 155. — 2. Derselbe: Die Lehre von der funktionellen hogenese der Deformitäten. Arch. f. klin. Chirurg. Bd. 53. 1896. — 3. Derselbe: Über Ursache und Behandlung der Deformitäten. Berlin. klin. Wochenschr. 1885. — 4. Derbe: Über die innere Architektur der Knochen und ihre Bedeutung für die Frage von

Knochenwachstum. Virchows Arch. f. pathol. Anat. u. Physiol. Bd. 50. 1870. — 5. Derselbe: Das Gesetz der Transformation der Knochen 1892. — 6. Derselbe: Bemerkungen zur Demonstration von Röntgenbildern der Knochenarchitektur. Berlin. klin. Wochenschr. 1900. — 7. Roux, Wilh.: Beiträge zur Morphologie der funktionellen Anpassung. 1883. — 8. Derselbe: Kampf der Teile im Organismus. — 9. Bähr: Bemerkungen zu Wolffs Lehre: „Das Transformationsgesetz". Zeitschr. f. Chirurg. 1897. Münch. med. Wochenschr. 1897. — 10. Lorenz: Die Entstehung der Knochendeformitäten. Wien. klin. Wochenschr. 1893. — 11. Wolff: Bemerkungen zu Lorenz: „Die Entstehung der Knochendeformitäten." Wien. klin. Wochenschr. 1893. — 12. Maaß: Über mechanische Störungen des Knochenwachstums. Virchows Arch. f. pathol. Anat. u. Physiol. Bd. 163. 1901. — 13. Korteweg: Die Ursachen der orthopädischen Knochenmißbildungen. Zeitschr. f. orthop. Chirurg. Bd. 2. — 14. Ghillini: Die Pathogenese der Knochendeformitäten. Zeitschr. f. orthop. Chirurg. Bd. 5. — 15. Jores, L.: Experimentelle Untersuchungen über die Einwirkung mechanischer Druckes auf den Knochen. Beitr. z. pathol. Anat. u. z. allg. Pathol. Bd. 66. — 16. Gebhardt, W.: Über die funktionelle Knochengestalt. Verhandl. d. dtsch. orthop. Ges. 9. Kongreß. — 17. Müller, W.: Experimentelle Untersuchungen über mechanisch bedingte Umbildungsprozesse am fertigen und wachsenden Knochen. Bruns' Beitr. z. klin. Chirurg. Bd. 127. — 18. Derselbe: Die normale und pathologische Physiologie des Knochens. 1924. — 19. König, Fr.: Spezielle Chirurgie. Bd. 3. — 20. Rauber-Kopsch: Lehrbuch d. Anatomie des Menschen. Bd. 2, S. 183. — 21. Pfrang, L.: Anatomische Beschreibung des Skeletes und der Weichteile eines angeborenen Klumpfußes. Arch. f. orthop. u. Unfallchirurgie. Bd. 18. — 22. Hohmann: Fuß und Bein, ihre Erkrankungen und deren Behandlung. 1923. — 23. Beely: Zur Mechanik des Stehens. Arch. f. klin. Chirurg. Bd. 27. 1882. — 24. Frostell, G.: Beitrag zur Kenntnis der vorderen Stützpunkte des Fußes, sowie des Fußwinkels beim Stehen und Gehen. Zeitschr. f. orthop. Chirurg. Bd. 47. — 25. Dittrich: Die Abwicklung des Fußes. Verhandl. d. dtsch. Ges. orthop. 20. Kongreß. — 26. Rey, G.: Die Abhängigkeit der Fußform von dem Verlauf der Traglinie. Zeitschr. f. orthop. Chirurg. Bd. 43 — 27 Brandt, G.: Der Fuß und seine Deformierung durch die Belastung, insbesondere die Knickplattfußentstehung. Dtsch. Zeitschr. f. Chirurg. Bd. 191. — 28. Baisch, B.: Bau und Mechanik des normalen Fußes und des Plattfußes. Zeitschr. f. orthop. Chirurg. Bd. 31. — 29. Derselbe: Der Plattfuß, Ergebnisse der Chirurgie und Orthopädie. Bd. 3. — 30. Ewald, P.: Über den Knick- und den Plattfuß. Zeitschr. f. orthop. Chirurg. Bd. 25. — 31. Engels, W.: Über den normalen Fuß und den Plattfuß. Zeitschr. f. orthop. Chirurg. Bd. 12. — 32. Demmer, Romisch, Rotter: Über die Mechanik des normalen und des Plattfußes. Ergebn. d. Chirurg. u. Orthop. Bd. 11. — 33. Muskat: Der Plattfuß im Röntgenbild. Münch. med. Wochenschr. 1910. Nr. 46. — 34. Lettenbaur: Strukturveränderungen beim Plattfuß. Verhandl. d. dtsch. orthop. Ges. 20. Kongreß. — 35. Matheis, H.: Versuch einer praktischen Systematik der Fußverbildungen. Zeitschr. f. orthop. Chirurg. Bd. 47.

Lebenslauf.

Als Sohn des Facharztes für orthopädische Chirurgie, Professor Dr. med. ust Blencke, wurde ich am 11. Mai 1903 in Magdeburg geboren. Ich be- e das König Wilhelm-Gymnasium in Magdeburg und bestand Ostern das Abiturientenexamen. Sommersemester 1921 bis Sommersemester studierte ich in Marburg Medizin, Wintersemester 1922/23 in Freiburg, nersemester 1923 wieder in Marburg und bestand dort die ärztliche Vor- ng. Von meinen klinischen Semestern verbrachte ich je eins in Marburg, ock und München, die letzten beiden in Würzburg, wo ich im April/Mai das medizinische Staatsexamen bestand.